

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФГБНУ ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН

д.т.н. Кузнецова О.А.

им. В.М. Горбатова
РАН

16.11.2021г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» Российской Академии Наук на диссертационную работу
Благовещенского Владислава Германовича
«Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.06 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)».

Общая характеристика работы. Диссертация на тему «Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий» выполнена на кафедре «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств». Состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографии (117 наименований) и двух приложений. Работа изложена на 218 страницах машинописного текста, содержит 70 рисунков, 29 таблиц и по формальным признакам соответствует требованиям ВАК РФ по оформлению кандидатских диссертаций.

Актуальность темы. Одно из основных направлений развития кондитерской промышленности связано с автоматизацией контроля в потоке показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, включая и органолептические показатели. Существующие в настоящее время методы оцен-

ки показателей качества кондитерских изделий субъективны, определяются только путем лабораторных измерений ввиду невозможности технического решения по организации их измерения поточным способом. Назрела необходимость повышения объективности контроля этих показателей за счет автоматизации контроля в потоке производства конфет органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий на основе использования высокоэффективных интеллектуальных технологий и создания на их базе интеллектуальных автоматизированных систем управления качеством конфет. Для исследования возможности решения данной проблемы диссертантом был выбран, исследован и проанализирован технологический процесс производства халвы, являющейся весьма востребованным в линейке кондитерских изделий пищевым продуктом, благодаря её вкусовым и питательным свойствам, большому содержанию в ней углеводов, жира, полноценных белковых веществ, минеральных веществ и витаминов В и Е.

В этой связи следует признать диссертацию «Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий» актуальной как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы (117 источников) и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе проведен анализ технологических процессов производства халвы как объекта автоматизации. Проанализированы особенности данного процесса, дана характеристика основных стадий и материальных потоков при производстве подсолнечной халвы. Проведена классификация основных операций процесса производства этих конфет и выбраны факторы, определяющие эффективность этих операций и технологических процессов в

целом. Проанализированы параметры, оказывающие влияние на качество сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Исследовано их влияние на ход каждой стадии производства халвы. На основании полученных результатов разработана функционально-структурная схема влияния факторов исходного сырья, промежуточных операций на качество готовых конфет халвы на всех стадиях процесса производства. Разработана функционально-структурная схема формирования потока качества подсолнечной халвы на всех этапах ее производства с указанием необходимых точек контроля и регулирования. Сделаны выводы о необходимости разработки интеллектуальных датчиков автоматического контроля коэффициента извлечения примесей в семенах подсолнечника и внешнего вида семян (размер, цвет, состояние поверхности, целостность) в режиме реального времени. Проведен обзор и анализ существующих инструментальных методов и средств автоматического контроля в потоке этих показателей, который показал невозможность использования имеющихся методов и средств для автоматизации их контроля. Была поставлена задача создания интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы с включением в эту систему программно-аппаратных комплексов автоматического контроля в потоке выявленных выше основных органолептических показателей качества с использованием искусственных нейронных сетей, мультиагентного имитационного моделирования и системы компьютерного зрения.

Во второй главе проведен системный анализ методов, алгоритмов и технологий с точки зрения возможности и эффективности их использования при разработке интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы в процессе производства.

Показано, что практической базой для реализации этой проблемы, в условиях нестабильности качества поступающего на производство сырья, влияния многочисленных технологических факторов и режимных параметров используемого оборудования на процесс производства халвы, может стать создание автоматизированной системы управления качеством халвы с

применением технологий искусственного интеллекта, включающего в свой арсенал нейросетевые технологии, динамическую экспертную систему, системы компьютерного зрения, имитационное моделирование и эффективное сочетание этих методов. В рамках этой главы рассмотрены особенности, признаки, функции и специфика использования интеллектуальных информационных систем. Проведен анализ перспективности использования нейросетевых технологий, генетических алгоритмов, экспертных систем, систем компьютерного зрения и мультиагентных имитационных моделей в решении задач интеллектуализации управления качеством производства халвы. Показаны перспективы интеллектуализации системы управления качеством производства халвы с использованием гибридных методов этих технологий.

В третьей главе на основе выполненных комплексных экспериментальных исследований проведен анализ процесса производства халвы методом мультиагентного имитационного моделирования с использованием программного обеспечения AnyLogic, Разработана имитационная модель всего процесса производства халвы, а также модель производства халвы в виде двумерной графики. Выполнено структурно – параметрическое моделирование и разработаны параметрические модели всех этапов производства халвы. Разработана ситуационная модель качества каждого этапа производства халвы. И на основе анализа полученных результатов разработана ситуационная модель процессов всего производства халвы. Выбраны основные технологические и режимные параметры, оказывающих значительное влияние на процессы производства халвы, что позволяет перейти к созданию интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством подсолнечной халвы, а также к разработке функциональных схем автоматизации (ФСА) с использованием интеллектуальных технологий.

Полученные в данной главе имитационные, ситуационные, параметрические и математические модели всех этапов производства халвы являются основой создания интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы в процессе производства.

В четвертой главе показана возможность использования интеллектуальных технологий для автоматического контроля в потоке основных органолептических показателей качества семян подсолнечника, полуфабрикатов и готовой халвы. А также показаны разработанные на их основе функциональные схемы автоматизации основных ТП производства халвы. Представлены основные требования к разрабатываемой интеллектуальной системе управления. Разработан программно-аппаратный комплекс автоматического контроля в потоке коэффициента извлечения примесей и внешнего вида семян подсолнечника. Показана перспектива использования системы технического зрения для разработки методов и средств автоматизации контроля данных показателей качества сырья при производстве подсолнечной халвы. Разработано программное обеспечение программно-аппаратного комплекса автоматического контроля в потоке коэффициента извлечения примесей при сепарировании семян подсолнечника с использованием библиотеки OpenCV. Представлен необходимый состав, структурное и техническое обеспечение системы компьютерного зрения. Разработан алгоритм распознавания системой компьютерного зрения внешнего вида семян подсолнечника с использованием нейросетевых технологий. Показана структурная организация модуля автоматического контроля в потоке внешнего вида семян подсолнечника.

Приведены и проанализированы существующие схемы и архитектуры нейросетевого управления. Показано, что для решения задач управления процессом производства подсолнечной халвы необходимо применение многослойных нейронных сетей. Для управления качеством халвы в процессе производства обоснована рекомендация использования нейронных регуляторов, использующих алгоритм обратного распространения.

Разработана схема системы мониторинга и управления процессом сепарирования семян подсолнечника и автоматического контроля в потоке содержания лузги, позволяющая анализировать качество сырья по органолептическим параметрам с помощью системы компьютерного зрения

и управлять процессом сепарирования семян подсолнечника с использованием нейроконтроллера, включающего нейросетевой блок, блок анализа данных и блок управления.

Представлены функциональные схемы автоматизации (ФСА) основных стадий производства халвы с новыми решениями по автоматизации контроля основных органолептических показателей качества семян подсолнечника, полуфабрикатов и готовых конфет халвы с использованием нейросетевых технологий и систем технического зрения, что позволит повысить эффективность исследуемого производства.

В пятой главе автором предлагаются технические решения для реализации интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы в процессе производства. Показаны основные задачи и общие требования к разрабатываемой системе. Даны основные этапы ее реализации. Разработана обобщенная функциональная структура интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы (ИАСУКХ). Разработаны основные виды обеспечения ИАСУКХ: информационное, математическое и программное. Представлен состав основных элементов базы данных (БД) ИАСУКХ. Получена база знаний для данной системы. Для физической реализации разработанной структуры интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы осуществлен подбор необходимых технических средств.

Целью представленной диссертационной работы являлось повышение эффективности производства халвы и стабилизация ее качества на основе научного обоснования и разработки методического, алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы с применением гибридных методов и технологий (системы технического зрения, искусственных нейронных сетей, имитационного моделирования).

Научная новизна работы

В диссертации Благовещенского В.Г. проведен комплекс научных исследований и получены результаты, научная новизна которых состоит в следующем:

- На основе системного подхода обоснованы наиболее перспективные направления автоматизации контроля показателей качества подсолнечной халвы в процессе ее производства с применением гибридных методов и технологий (нейросетевых технологий, мультиагентного имитационного моделирования и системы компьютерного зрения).
- Разработаны и предложены новые функционально структурные схемы формирования качества халвы с указанием необходимых точек контроля и регулирования, а также функциональные схемы автоматизации всех этапов производства с включением разработанных диссертантом интеллектуальных датчиков автоматического контроля основных органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой халвы.
- С использованием структурно - параметрического и мультиагентного имитационного моделирования разработаны имитационная модель и параметрические, математические и ситуационные модели основных стадий ТП производства халвы.
- Разработаны интеллектуальные модули автоматического контроля в потоке коэффициента извлечения примесей в семенах подсолнечника и внешнего вида семян (размер, цвет, состояние поверхности, целостность) в режиме реального времени.
- Разработаны основные виды обеспечения интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы (ИАСУКХ): информационное, математическое и программное.
- Разработан алгоритм проектирования архитектуры ИАСУКХ контроля в потоке показателей качества халвы в процессе производства с использованием имитационного моделирования, системы технического зрения и искусственных нейронных сетей.

- Разработаны рекомендации по подбору технических средств для реализации разработанной интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы в процессе производства.

Практическая значимость работы

Практическая значимость результатов диссертации Благовещенского В.Г. определяется следующим:

- Разработаны интеллектуальные датчики автоматического контроля коэффициента извлечения примесей в семенах подсолнечника и внешнего вида семян (размер, цвет, состояние поверхности, целостность) в режиме реального времени.
- Разработана база данных и база знаний ИАСУКХ.
- Создана и апробирована в режиме реального времени интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы (ИАСУКХ).
- Разработаны технические решения и практические рекомендации по созданию интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством халвы в процессе производства. Осуществлен подбор технических средств для реализации этой интеллектуальной системы.

Разработанные методы, модели, алгоритмы, способы, структуры и программы прошли апробацию и были переданы для внедрения на кондитерских предприятиях Холдинга «Объединенные кондитеры», что подтверждается соответствующим актом внедрения научно-технической продукции.

Полученные в рамках настоящего исследования научные и практические результаты диссертационной работы внедрены в учебном процессе кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» МГУПП, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных информационных технологий, методологических и математических основ построения интеллектуальных автоматизированных систем поддержки и принятия решений, методики построения ре-

ляционных баз данных, основных положений теории автоматического управления, теории нейронных сетей, теории цифровой обработки изображений, общих принципов математического моделирования, методов системного анализа и математической статистики. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab и Anylogic. Кроме того, достоверность полученных результатов подтверждается положительными результатами внедрения работы на ОАО «Рот Фронт».

Публикации. Научный уровень диссертации отражен в публикациях и докладах на конференциях. Диссертация прошла апробацию на 14 Международных научно – практических конференций (секции №1 «Цифровизация пищевой промышленности и продовольственных систем» Глобального продовольственного Форума, Москва, 2021; II международной научно- практической конференции «Цифровизация Агропромышленного комплекса», Тамбов, 2020; II международной специализированной конференции- выставке «Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности», МГУПП, 2020; II научно-практической конференции с международным участием «Устойчивое развитие: сектор упаковки», МГУПП, 2020; Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности», МГУПП. 2019; Conference Series. Ser. «International Meeting – Fundamental and Applied Problems of Mechanics», Bauman Moscow State Technical University, 2019; I научно-практической конференции с международным участием «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста», МГУПП, 2018; Научной конференции с международным участием «Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности», МГУПП, 2018; V международной заочной научно-практической конференции « 21 century: fundamental science and technology V» ,10-11 ноября 2017 г., North Charleston, USA ; VIII Заочной научно-технической конференции «Безопасность и качество продуктов питания. Наука и образование», МГУПП, 2017; Научной кон-

ференции с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука», МГУПП, 2017; X Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Кемерово, 18 – 19 сентября 2017 г., Институт вычислительных технологий СО РАН; IV-ой Всероссийской студенческой научной конференции «Молодежная наука – пищевой промышленности», 22 – 23 мая 2017 г., СевКавГТУ; II международной научно – практической конференции «Автоматизация и управление технологическими и бизнес- процессами в пищевой промышленности», МГУПП, 2016 и другие).

Основные результаты работы достаточно полно представлены в опубликованных соискателем научных трудах и автореферате. По теме диссертации опубликовано 36 научных работ. Из них 3 входят в список Scopus, 4 статьи - в список журналов ВАК, 1 – в других изданиях, а также 28 докладов в сборниках научных докладов международных конференций.

Содержание автореферата соответствует положениям, представленным в диссертации.

По диссертационной работе можно сделать следующие **замечания**.

1. Отсутствие в приложениях программной реализации обработки экспериментальных данных.
2. Не показано, каким образом можно установить на оборудовании производства халвы цифровые видекамеры для автоматического контроля в потоке органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.
3. Перенасыщенность работы исследованиями современного состояния контроля показателей качества халвы в процессе производства. В работе недостаточно четко представлены критерии качества готовой продукции и их допустимые отклонения.
4. На «Способ автоматического контроля коэффициента извлечения примесей в семенах подсолнечника в режиме реального времени» следовало бы подать заявку изобретение.

Приведенные выше замечания не снижают общей высокой оценки диссертации Благовещенского Владислава Германовича.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Рекомендуется продолжить работы по созданию методологических основ интеллектуальных автоматизированных систем управления качеством различных пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий.

Заключение по диссертационной работе

Отмеченные недостатки не снижают в целом научной и практической ценности диссертации.

Оценивая работу в целом, считаем, что работа Благовещенского В.Г. является законченным научным исследованием, в которой решена важная научно – техническая задача, которая имеет как теоретическое значение, так и практическую ценность. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

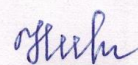
В диссертации автор продемонстрировал глубокое знание вычислительной техники, информационных технологий, методов статистической обработки данных и теории нейронных сетей, а также умение пользоваться ими. Достоинством данной работы является тесная связь с промышленностью.

По актуальности проблемы, решенной на современном теоретическом и экспериментальном уровне, научной новизне и практической значимости полученных результатов, диссертационная работа «Интеллектуальная автоматизированная система управления качеством халвы с использованием гибридных методов и технологий», отвечает требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям; а ее автор Благовещенский В.Г. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)».

Отзыв на диссертационную работу Благовещенского В.Г. рассмотрен и одобрен на заседании направления «Информационные технологии» Центра экономико-аналитических исследований и информационных технологий ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Протокол № 7 от «15» 11 2021 г.

Ведущий научный сотрудник, руководитель
направления «Информационные технологии»
Центра «Экономико-аналитических
исследований и информационных технологий»
ФГБНУ «Федеральный научный центр
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,
кандидат технических наук, доцент



Никитина М.А.

15.11.2021 г.